

参赛密码 _____
(由组委会填写)

第十二届“中关村青联杯”全国研究生
数学建模竞赛

学 校	上海对外经贸大学
参赛队号	10273011
队员姓名	1.陈迁
	2.施予
	3.张欣

参赛密码 _____

(由组委会填写)



第十二届“中关村青联杯”全国研究生 数学建模竞赛

题 目 最优旅游路线规划问题研究（F 题）

摘 要：

本文针对全国 201 家 5A 级景点的最优旅游路线的规划问题，从不同出行需求的旅游爱好者的角度出发，运用能够收集到的大量真实数据完成了以下几个方面的工作：

对于问题 1，在收集每个省份内的景点间的里程数并换算成在途时间后，建立经典的 TSP 问题规划模型，利用模拟退火算法求得了每个省份内景点的最短在途耗时旅行路线。然后根据题目中的众多条件对最短路线进行微调，得到了在每个以省份为单位的大景区的最短逗留天数，并将 201 个 5A 景点降维到 31 个省份景区。进而构建了基于这 31 个景区的带有时间约束的 TSP 问题规划模型，通过对一定数量可行解的严格筛选分析，我们得到了 28 条共计可以用最短时间 12.5 年遍历 201 个国家 5A 级景点的旅游路线。

对于问题 2，通过建立多目标的 TSP 问题规划模型，并在问题 1 的基础上对该问题的可行解进行了分析。在对飞机和高铁/动车的出行选择根据费用进行了决策后，我们通过设计合理的可行解筛选步骤，最后得到十年内可以遍历 201 个国家 5A 级景区的 23 条旅游路线。最少总费用为 353,240.68 元。

问题 3 是问题 2 的延伸，将起始地点从西安变成了北京。与问题 2 的分析方法基本类似，我们得到了从北京出发可以十年内遍历完 201 个国家 5A 级景点的 23 条旅游线路。最少总费用为 447,017.94 元。另外，在问题 3 的解答中，

我们还根据省内费用总计、里程数、游玩景点个数和平均每个景点费用 4 个指标给出了全部 31 个以省为单位的景区的性价比排名。依据此排名，我们分别对旅游爱好者和政府部门提出了有质量的建议。

对于问题 4，我们创新性地建立了以星级景点的价格、旅游交通、市场吸引力和游客满意度四个维度构成的评价体系框架。以云南省的 5A 级景点和部分 4A 级景点为例，通过层次分析法计算了每个维度的权重以及每个景点间的相对权重。最终我们发现其实部分 4A 景点相比 5A 景点会更具优势。因此，在进行 10 年旅游规划时，我们认为完全可以用部分更具优势的 4A 级景点来替代 5A 景点。这样，对旅游爱好者而言，由于 4A 景点在每个省内有非常多的分布，经观察，只要在每个我们优化的省内最短旅游路径上，可以在不改变原有线路的情况下将部分 5A 级景点替换成临近的更优 4A 级景点，便可以同时保证十年内遍历完而且体验更佳。

关键词：*TSP* 规划、模拟退火算法、层次分析法、*Hamilton* 圈、最短旅游路径、5A 景点

目 录

一. 问题重述.....	4
1.1. 问题背景.....	4
1.2 问题提出.....	4
二. 问题分析.....	6
三. 基本假设.....	7
四. 模型建立与求解.....	8
4.1 问题 1 的模型与求解.....	8
4.1.1 模拟退火算法求解各省市内部景点最短在途耗时路径.....	8
4.1.2 31 个以省份为单位的景区最短在途耗时规划模型.....	12
4.2 问题 2 的模型与求解.....	15
4.3 问题 3 的分析.....	19
4.3.1 从北京出发的最优路径分析.....	19
4.3.2 建议.....	25
五、结论.....	32
六. 模型的优缺点评价.....	33
参考文献.....	34
附录 1 模拟退火算法 <i>Matlab</i> 程序.....	35
附录 2 省内旅游线路.....	38

一. 问题重述

1.1. 问题背景

旅游活动正在成为全球经济发展的重要动力之一，它加速国际资金流转和信息、技术管理的传播，创造高效率消费行为模式、需求和价值等。随着我国国民经济的快速发展，人们生活水平得到很大提升，越来越多的人积极参与有益于身心健康的旅游活动。

随着近年来旅游业的不断发展，全国各地的旅游景点越来越吸引着广大的游客。为此，2007 年 5 月 22 日，国家旅游局(*National Tourism Administration*)在其官方网站发布通知公告，经全国旅游景区质量等级评定委员会委派地评定小组现场验收，全国旅游景区质量等级评定委员会审核批准，决定批准北京市故宫博物院(*Beijing City Museum of the Imperial Palace*)等 66 家景区为国家 5A 级旅游景区。各省级旅游景区评定机构在指定期限内向国家旅游局推荐的 5A 级旅游景区创建试点单位数量达到 106 家。在最后评定中，有 66 家成为 5A 级旅游景区。截至 2015 年，国家旅游局共确定了 201 家国家 5A 级旅游风景区。这 201 家 5A 级旅游景区重点注重人性化和细节化，也更能反映出游客对旅游景区的普遍心理需求，强调以人为本，因此是人们休闲娱乐的最好去处。

但另一方面，由于当今工作压力的加大，偶尔空闲出的休假如何好好利用成了现在城市人面临的难题。虽然 5A 级景区是非常值得一去的地方，但由于时间、交通、费用等因素的限制，需要对旅行的线路进行仔细规划。因此，如何科学的优化设计旅游线路不仅有利于居民的出行，对政府未来的规划也有着很重要的现实意义。

1.2 问题提出

面对全国 201 家 5A 级旅游景点的分布问题，必须进行科学地优化组合研究，否则容易对出行者造成困扰。因此，本文立足现实，量力而行，尽力而地完成成为不同出行需求的旅游者科学合理设计旅行线路的任务，并为政府的未来景点规划做出建议。本题要求运用数学模型来规划合理的旅行路线来满足不同出行的需求（自驾、高铁、飞机）。为此，需做好以下几项工作。

第一，对题概及各题的限制条件进行归纳总结：

- (1) 该旅游爱好者需遍历 201 家 5A 级景点，每个景点不重复旅游。
- (2) 该旅游爱好者每年旅行总天数不超过 30 天，每次不超过 15 天，每年不超过 4 次。
- (3) 行车（在途）时间限定于每天上午 7 点至晚上 7 点，共计 12 小时。但一天行车总时间不超过 8 小时。
- (4) 若安排半天景点游玩，行车（在途）时间不得超过 5 小时。
- (5) 若安排全天景点游玩，行车（在途）时间不得超过 3 小时。
- (6) 高速公路行车平均速度为 90 公里/小时；普通公路行车平均速度 40 公里/小时。
- (7) 该旅游爱好者需在省会城市（非景点游览）停留至少 24 小时。
- (8) 景区开放时间统一为上午 8 点至傍晚 6 点，共计 10 小时。
- (9) 行车线路设计采取高速公路优先策略。
- (10) 若选择乘坐飞机或高铁到达临近省会城市或地级市，而后需采用租车方式到达景区，租车费用为 300 元/天。
- (11) 若选择乘坐飞机或高铁出行，该旅游爱好者可以在一个景点最长逗留不超过建议游玩时间的 2 倍时间。
- (12) 旅游爱好者一家 3 人同行，住宿费省会城市和旅游景区 200 元/人·天，地级市 150 元/人·天，县城 100 元/人·天。
- (13) 高速公路的油耗加过路费平均为 1 元/公里，普通公路油耗平均为 0.6 元/公里。
- (14) 半天=4 小时；一天=8 小时；两天=两个一天（景点住宿一晚）。
- (15) 若存在线路并没有全线连通的，在模型解算时若涉及到某条高速公路，只能考虑已连通的部分路段。
- (16) 高铁和动车数据的设计上主要以运行时间较短者优先，或者选择的车次对旅游出行较为有利。
- (17) 模型解算时需确定相应线路中具体包含的高速公路里程和普通公路里程数据。
- (18) 乘坐高铁或飞机出行时间仍安排在每天 7:00 至 19:00 之间。
- (19) 任两城市之间的全价往返机票价格是一样的。
- (1) ~ (8) 是题干提出的条件；(9) 是问题 1 提出的条件；(10) ~ (13) 是问题 2 提出的条件；(14) ~ (19) 是备注中提到的条件。

第二，满足全自驾旅游爱好者的需求。以该旅游爱好者的常住地在西安市

为例，用数学手段规划设计自驾旅游线路，确定游遍 201 个 5A 级景区至少需要的年数，并给出每一次旅游的具体行程安排。

第三，满足一般旅游爱好者的需求（可以选择高铁和飞机出行）。以一家三口常住地为西安市为例，用数学手段规划出行旅游线路满足以下三个要求：（1）十年内游遍 201 家国家 5A 级景区；（2）费用最优；（3）体验最好。

第四，将上述的数学模型进行一般化，然后对居住地在北京市的旅游爱好者优化类似的十年旅游规划。同时，根据目前政府在旅游景点规划方面存在的问题，结合前几问的解答对旅行者以及旅游相关部门提出建议。

第五，在引入国家 4A 级景区之后，基于上述的分析，为旅游爱好者规划更合理和有意义的十年旅行路线。

二. 问题分析

旅游线路的优化组合问题一直以来是学术界关注的问题。同时，因其与我们的生活息息相关，所以，合理规划旅游线路也具有很强的现实意义。对来往各地的里程数和在途时间数据，景点游玩的逗留时间数据以及旅行途中的费用数据进行分析 and 建模对于制定合理的旅游规划路线有重要的参考的意义。

问题 1 是西安市的一名旅游爱好者全程自驾旅行并采用高速公路优先策略，要求确定遍历全部 201 个 5A 级景区需要多少年数。考虑到 201 个景点的道路里程距离涉及到至少 20000 个数据的手动获取，我们先采取了降维的策略。我们将 201 家 5A 级景区划分成了以省为单位的 31 个景区¹，并收集了每个省份内部景点之间的在途里程数，根据在途速度计算了在途耗时。同时，将每一个以省为单位的景区看成一个赋权（在途时间）的 *Hamilton* 圈²，由此我们可以利用模拟退火算法对以最短在途时间为目标函数的规划模型进行求解，得到最短的在途耗时路线。然后，结合条件（1）~（9），对该最短在途耗时路线设计完整的旅游路线就可以得到遍历一个以省为单位的景区所有景点所需的最短逗留时间。接下来的问题就转化为在已知 31 个景区的最短逗留时间的情况下，

¹ 这样做的依据在于每个省份内部景点之间的距离不会特别长，而且作为一个游客，如果不是距离特别近的两省景点，一般很少跨省旅游。因此，以省为单位的降维策略具备合理性。

² 我们在此假设每个以省为单位的景区旅游得从哪个景点开始旅游最后需要回到这个景点，从而构成一个闭环。由于在问题 2 中规定了租车自驾哪里借哪里还，因此实际上也形成了一个闭环。沿用问题 2 的假设确实会有助于后续的分析，并大大简化计算量。

求遍历完这 31 个景区的最短耗时。对该规划问题进行求解便可以得到问题 1 的解答。

问题 2 是西安市的旅游爱好者一家三口可以选择飞机和高铁的出行方式，然后在景区附近的城市市换做租车自驾的形式前往景点。这题的关键决策有两个，一个是如何在问题 1 的基础上重新选择以省为单位的景区最短耗时旅游线路，另一个是如何选择交通出行方式。这两个决策实质上是求解一个多目标的旅行商问题（TSP），目标函数主要是最短耗时和最少费用。重要的约束条件是单次出行限制在 15 天以内，总出行时间则限制在 10 年以内。

问题 3 有 2 个小问题。前 1 个小问题实际上是问题 1 和问题 2 的延伸。在问题 1 和问题 2 建立的模型和得到的结论的基础上拓展至以北京为出发起点的情况。问题 1 的思路和问题 2 的多目标规划模型依然适用，目标还是在 10 年以内用最少的费用和最短的耗时来完成遍历全国 201 个 5A 级景点。后 1 个小问题是结合前述的几个问题的结论向旅行者和政府机关提出政策建议。旅行者的考量主要就是耗时和费用之间的“取舍”以及体验，政府机关的考量则是基于旅行者的选择做出的相应对策。因此，我们会分别从旅行者和政府机关的角度进行建议。

问题 4 是在引入国家 4A 级景点的基础上为旅游爱好者提供更合理的十年旅游规划。由于在前几个问题中给出了游遍 201 个国家 5A 级景点的十年旅行计划，因此，若要将国家 4A 级景点引入旅行计划，则肯定要剔除部分国家 5A 级景点才能保证在规定时间内完成旅行。所以，本题的核心问题就其实转换成了如何在 5A 级景点和 4A 级景点之间进行“取舍”的问题。为此，需要通过一些评价指标和建立模型来给“取舍”提供依据。

三. 基本假设³

1. 对于两个景点之间既有高速公路又有普通公路，而且两种公路的里程数差别不是特别大的情况，我们设定自驾的平均时速为 65 公里/小时。

2. 由于条件中限制了一天的行车时间要在晚上 7 点之前，若正好在晚上 7 点行到半路，则我们假定该旅行者会就近选择旅馆居住，第二天早上 7 点起继续行车。（在附件中我们将这种情况称作“中转休息”）

3. 有些需要游玩一天的景点，如果是下午 1 点左右到的话，我们假定该旅

³ 这里的基本假设是我们在本文中自行提出的，题目中给出的假设条件不包括在这里。

行者会在该景点先游玩半天，然后在该景点留宿，第二天再玩半天再离开，从而凑足一个完整的一天。

4. 飞机的平均时速设定为 900 公里/小时；高铁的平均时速设定为 300 公里/小时；动车的平均时速设定为 250 公里/小时。

5. 假设每个以省为单位的景区旅游得从哪个景点开始旅游最后需要回到这个景点，从而构成一个 *Hamilton* 圈。特别要说明的是，为了尽量节约时间，我们更多的是根据问题 1 中得到的最短耗时路线的起始点作为一个省景区旅行的开始，而这个起始点有可能是省会也可能不是省会。

四. 模型建立与求解

4.1 问题 1 的模型与求解

针对问题 1，我们的建模思路分两步。第一步是通过优化算法对以省份为单位的各个省份内部的景点设计最短耗时旅游路线，从而一方面起到降维的目的，另一方面估计出在每个省份的最短逗留时间。第二步是把以省为单位的内部景点划成一个景区，从而形成 31 个景区。我们对这 31 个景区建立规划模型来计算要遍历这 31 个景区需要的最短时间是多少，从而对问题 1 中要遍历 201 个国家 5A 级景点需要的最短时间进行解答。

4.1.1 模拟退火算法求解各省市内部景点最短在途耗时路径

对任意省份内部景点构成的 *Hamilton* 圈，我们都可以建立经典的 TSP 问题规划模型来求解最短在途耗时路径。为简化计算，我们可以先不考虑每次出行 15 天的限制。模型如下：

$$\min Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_{ij} x_{ij}$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad i = 1, 2, 3 \dots n \\ \sum_{j=1}^{31} x_{ij} = 1 \quad j = 1, 2, 3 \dots n \\ \sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ij} \leq |S| - 1 \quad \forall S \subset \{1, 2, 3 \dots n\}, 2 \leq |S| \leq n - 1 \\ x_{ij} = \{0, 1\} \end{cases}$$

TSP 问题的求解有很多算法。我们在这里用可以较好求解 NP-难问题的模拟退火算法进行求解。

模拟退火算法设计如下：

首先，设定 TSP 问题的解空间和初始解。解空间 S 是所有省内景点的排列组合，即 $S = \{(c_1, c_2, \dots, c_n) | (c_1, c_2, \dots, c_n) \text{ 为所有省内景点的排列}\}$ 。其中，每一个排列 S_i 是遍历 n 个景点的一个路径， $c_i = j$ 是第 i 次访问景点 j 。初始解设定为一个随机函数生成的一个所有景点的随机排列 S_0 。

其次，设定代价函数 $C(c_1, c_2, \dots, c_n) = \sum_{i=1}^{n-1} t(c_i, c_{i+1}) + t(c_1, c_n)$ 。使该函数最小化的解 $S = (c_1^*, c_2^*, \dots, c_n^*)$ 为最优解。

然后，新解通过 Markov 链产生的随机扰动来随机选择使用二变换法和三变换法产生新解。进而计算变换前的解和变换后的代价函数的差值：

$$\Delta C' = C(S'_i) - C(S_i)。$$

最后，根据 Metropolis 接收准则定义接收概率。（具体 Matlab 代码详见附录 1）

我们用图 1 作为例子来展示我们用模拟退火算法求解的最短在途耗时旅行路径。

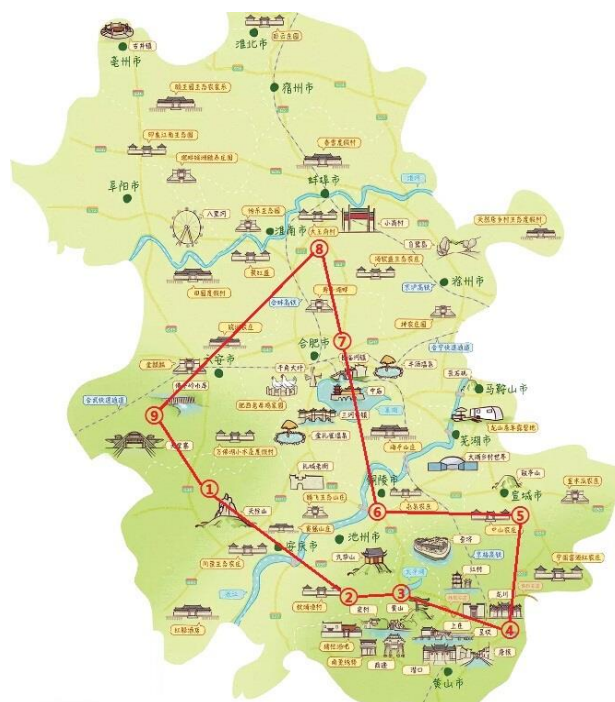


图 1 安徽省内旅游线路规划图

由于在模拟退火算法中，我们并没有考虑条件（1）~（9）。因此，在具体的每日行程安排中，我们需要根据这些要求对省内景点的旅游路线做更为细致的调整。这样，我们最终得到了每个省份内遍历所有景点的需要逗留的时间，见表 1。（更为详细的省份内景点旅游日程安排见附录 2）

表 1 各省份的最短逗留时间

省份	逗留时间（天）
北京	5
天津	3
河北	6
山西	7
内蒙古	3
辽宁	6
吉林	4
黑龙江	11
上海	3
浙江	12
江西	9
山东	8
湖南	7

新疆	18
宁夏	4
甘肃	8
陕西	6
西藏	3
云南	8
贵州	5
青海	3
四川	12
重庆	8
海南	5
广西	5
安徽	11
广东	10
湖南	8
江苏	15
福建	11
河南	11
湖北	12

注：粗体字是不满足一次旅行时间小于 15 天的约束。后文的分析会进行调整。

为了在空间上更直观的了解逗留天数，也为后文的一些分析做铺垫。笔者制作了图 2。



图 2 各省市逗留时间一览

4.1.2 31 个以省份为单位的景区最短在途耗时规划模型

对于降维后得到的 31 个以省为单位的景区的问题，我们引入一个 31×31 的矩阵 X ，其中的元素 x_{ij} 为 0-1 变量， $x_{ij} = 1$ 表示我们制定的旅游路线包含了从景区 i 直接到景区 j ， $x_{ij} = 0$ 不包括景区 i 直接到景区 j 。我们的目标是使整个旅游线路的在途耗时最短。同时，题目规定从西安出发最后回到西安，由此我们将遍历多个景区的旅游路线视作为一个 Hamilton 圈。记赋权图 $G = (V, E)$ ， V 为顶点集， E 为边集。对于约束条件：第一，由于每个景区至多参观一次。因此，矩阵 X 的行列之和均为 0 或者 1；第二，不存在子回路解；第三，单次旅游线路总耗时不超过 15 天，即 360 小时。

因此，建立带时间约束的 TSP 规划模型如下：

$$\min Z = \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=1}^{31} t_{ij} x_{ij}$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{i=1}^{31} x_{ij} = 1 \quad i \in V \\ \sum_{j=1}^{31} x_{ij} = 1 \quad j \in V \\ \sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ij} \leq |S| - 1 \quad \forall S \subset V, 2 \leq |S| \leq n-1 \\ \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=1}^{31} x_{ij} (t_{ij} + idt_j) \leq 360 \end{cases}$$

其中， t_{ij} 是两景区之间的在途时间， idt_j 是景区的逗留时间。该规划问题是一个 NP-难题，用 lingo 精确求解会非常耗时。考虑到题目中对在途时间和游玩时间进行了限制，尤其是存在每次旅游不超过 15 天的约束条件且根据上文表中我们给出的在每个景区的最少逗留时间，平均而言，完成一个以省为单位的景区的时间大概在 8 天左右。可以肯定满足该规划模型的可行解不多。因此我们试按照如下步骤对模型的解进行了分析。

首先，提出假设：

假设 1：各省级单位旅游线路（顺序）不变，仅考虑拆分、合并的方式，不改变原旅游线路（最短路径）；

假设 2：为简化计算，从西安市出发达到各个省单位的旅游线路出发点按照西安市到达该省省会的里程数来计算；

假设 3：截至 2014 年，中国除了西藏自治区拉萨意外，其他所有省会都通了高速，因此我们在计算省会之间的行车时间时，按照 90km/h 的速度。另外，按照题目的要求，开车时间每天不超过 8 小时，以陕西省西安市到北京市为例，里程数 1080 公里，时速 90km/h，开车 12 小时，记为两天时间。

假设 4：如果该省的游玩线路较短，应当优先考虑与相邻省衔接。

其次，做出规划过程及结果：

第一，先根据里程数，计算出来回 10 天及以上的省市，将这些省市单独列出来，由于时间较长，因此单独成行。据此我们得到了线路 1 到线路 14；

第二，将往返时间大于 15 天的挑选出来，这些省的旅游线路一次不能完成，必须做两次完成或者与相邻省拼凑出一个小于 15 天的行程，仔细观察发现新疆维吾尔自治区拆分成两次则恰好为两次 14 天的行程，因此得出线路 1,5；

第三，将往返时间小于 10 天中的按照地区在地图上标注，相邻的两个或多个省份开始拼凑。按照地图上的方位划分，我们可以较为清晰的看出，可以的组合方式并不多，比较明显的是下面的组合：北京-天津合并 线路 16，陕西-银川合并线路 17。

第四，将大于 15 天的和小于 15 天的组合在一起，平均分配游览线路，根据实际情况调整。由此的到的线路有线路 18 到线路 26。最后还有江苏、浙江两个省仍有几天没有分配完成，刚好与上海组合在一起，形成了最后一条线路 27。

因此我们得到了总共 27 条线路，按照每年出去两次则应当为 13.5 年，但是观察发现，其中线路 2，线路 3，线路 4 均为 10 天，另外还有线路 10，线路 11，线路 19 条为 9 天、10 天、11 天因此刚好两年完成，比之前减少 1 年，因此总共时间为 12.5 年整。具体出行线路如下表。

表 2 遍历 31 个以省为单位的景区的最短旅游路径（以西安为起点）

	线路	途径省份	出行
1	线路 1	河南	13
2	线路 2	重庆	10
3	线路 3	甘肃	10
4	线路 4	河北	10
5	线路 5	安徽	15
6	线路 6	江西	15
7	线路 7	山东	12
8	线路 8	湖南	12
9	线路 9	辽宁	12
10	线路	吉林	10
11	线路 11	广西	11
12	线路	海南	12
13	线路	云南	14
14	线路	西藏	11
15	线路	新疆	14
16	线路	新疆	14
17	线路	北京-天津	13
18	线路	陕西-宁夏	14
19	线路	四川	15

20	线路	青海-四川	9
21	线路	贵州-湖北	13
22	线路	湖北	15
23	线路	福建	15
24	线路	广东	15
25	线路	广西-福建	14
26	线路	浙江	15
27	线路	江苏	15
28	线路	上海-江苏-浙	10

4.2 问题 2 的模型与求解

针对问题 2 的费用最少，我们建立多目标 *TSP* 规划模型如下：

$$\min Z = \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=1}^{31} t_{ij} x_{ij}$$

$$\min C = \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=1}^{31} (c_{ij}^1 + c_{ij}^2) x_{ij}$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{i=1}^{31} x_{ij} = 1 \quad i \in V \\ \sum_{j=1}^{31} x_{ij} = 1 \quad j \in V \\ \sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ij} \leq |S| - 1 \quad \forall S \subset V, 2 \leq |S| \leq n - 1 \\ \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=1}^{31} x_{ij} (t_{ij} + idt_j) \leq 360 \end{cases}$$

其中， t_{ij} 是两景区之间的在途时间， idt_j 是景区的逗留时间， c_{ij}^1 是两景区之间选择飞机出行的在途费用， c_{ij}^2 是两景区之间选择高铁/动车出行的在途费用。同 4.1.2 的求解思路一样，本文对该多目标的规划模型进行了分析求解。

问题 2 的求解是在问题 1 的基础上，我们已经算出了为期 12.5 年的游览全国 201 个 5A 级景区的旅游线路，但是在交通工具上我们可以改成飞机、高铁出行，因此在往返上会节约相当多的时间，我们先来比较一下自驾出行和飞机/

动车出行的价格区别。

表 3 不同出行方式价格比较（单人）

	飞机票 价格 /RMB	直达 里程 /km	接驳	里程 /KM	行驶小 时数	行驶 天数	住宿费 RMB/人	自驾费用/ 车	乘 坐 时	飞机出 行价格/ 人
恭王府	18	1			12	2	100	1180	4	185
古文化	10	1			12.	2	100	1200	4	108
山海关	20	1			15.	2	100	1472	4	200
云冈石	10	6	到太	3	6.6	1	0	900	3	161
呼和浩	90	9			10.	2	100	1070	4	900
沈阳植	15	1			19.	3	200	1950	4	150
净月潭	16	2	到长	4	22.	3	200	2280	5	197
北极村	24	2	齐齐	5	27.	4	300	3267	5	320
东方明	13	1			15.	2	100	1490	4	139
西湖	12	1			14.	2	100	1430	4	128
南昌	10	1			12.	2	100	1190	4	101
泰山	96	9	济南	1	10.	2	100	1140	4	139
天门山	60	9	张家	6	10.	2	100	1066.	4	906
衡山	10	8	大同	6	9.8	2	100	1051.	3	137
新疆天	22	2	乌鲁	1	28.	4	300	4540	5	510
沙坡头	85	7	银川	1	8.2	2	100	1000	3	131
嘉峪关	11	1			15.	2	100	1460	4	110
兵马俑	0	4			0.4	1	0	40	3	0
布达拉	19	2			31.	4	300	3140	6	199
昆明	15	1			17.	3	200	1790	4	154
贵阳	10	1			11.	2	100	1170	4	100
西宁	71	8			9.8	2	100	990	3	710
成都	74	7			8.3	2	100	850	3	740

大足石	12	7	重庆	2	7.7	1	0	724.8	3	152
大小洞	18	2	三亚	1	25.	4	300	2617.	5	211
乐满地	14	1	桂林	3	16	3	200	1674.	4	173
天柱山	12	1	安庆	8	11.	2	100	1234	4	158
长隆	15	1			18.	3	200	1850	4	154
郑州	10	4			5.3	1	0	480	3	101
苏州园	12	1			14.	2	100	1380	4	120
福州	15	1			18.	3	200	1850	4	153
武汉	12	7			8.2	2	100	840	3	122
							420	48318		484

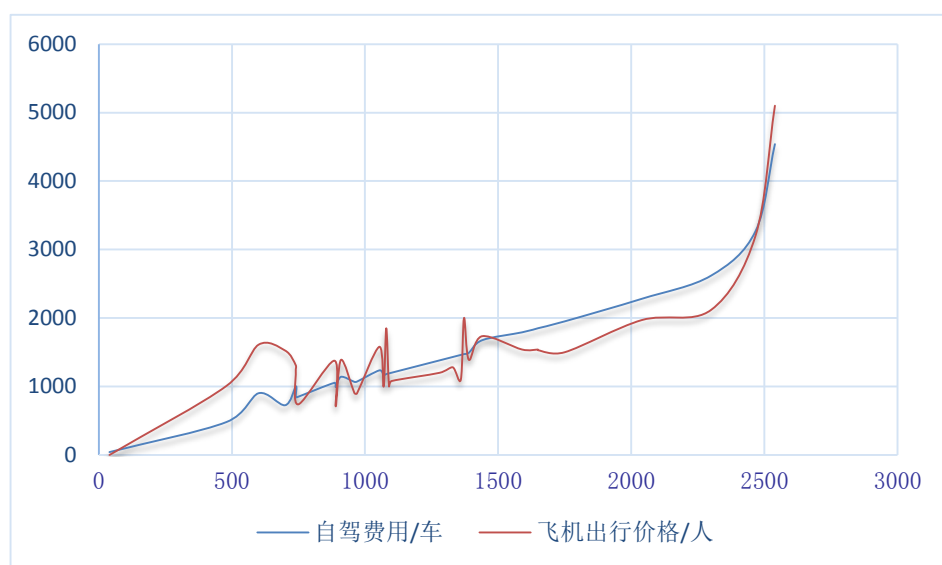


图 3 飞机出行和自驾出行费用比较

由图 3 可以看出，在里程数较短的情况下，选择自驾费用较低，飞机出行价格较高；当里程数在 700 公里到 1500 公里之间时，选择两种出行方式的差别不大；在里程数在 1500 公里到 2500 公里的时候，飞机出行的价格相对较低。不过，考虑到飞机的时间相对较短，在第二问中解决 10 年内游遍 201 个 A 级景区的时候，我们还是应当优先考虑飞机出行。

因此我们的思路就很清晰了，在问题 1 的基础上对原先的组合进行逐步优

化：优化思路大致如下，先找到往返路程占整个出行时间较长的线路，优先考虑这些线路改为飞机出行，并且将这些线路再次优化合并，一次只优化一条线路，优化一条线路意味着出行时间至少减少 0.5 年（因为可能存在 3 条线路加起来不超过 30 天的情况，则在总时间上再次减去半年），至多优化 5 条线路，则时间就可以控制于 10 年之内了。（原来计算游遍 201 个 5A 级景区的时间在 12.5 年，则至多优化 5 条线路，总用时小于等于 10 年）。

优化过程：

将北京、天津、河北合并，则原先线路 16、线路 4 消失，成为新线路 1，新线路用时 15 天；

将内蒙古、黑龙江合并，则原先线路 21、线路 22 消失，成为新线路 2，新线路用时 15 天；

将甘肃、西藏合并，则原先线路 3、线路 14 消失，成为新线路 3，新线路用时 14 天；

将吉林、辽宁合并，则原先线路 9，线路 10 消失，成为新线路 4，新线路用时 12 天；

将广西、海南合并，则原先线路 11、12 消失，成为新线路 5，新线路用时 13 天。

至此，我们来看看优化过后的新线路及其用时：

表 4 从西安出发 10 年内的 23 条线路一览表

	线路	途径省份	出行	出行方式	费用
1	线路	河南	13	高铁	9653.72
2	线路	重庆	10	飞机	15473.46
3	新线	甘肃、西藏	12	飞机	26126.38
4	新线	北京、天津、河	15	飞机、高铁	18158.56
5	新线	内蒙古、黑龙江	15	飞机	29063.76
6	线路	安徽	15	飞机	14906.16
7	线路	江西	11	飞机	13323.04
8	线路	山东	10	飞机、高铁	12177
9	线路	湖南	10	飞机	9542.74
1	新线	吉林、辽宁	13	飞机	15345.5

1	新线	广西、海南	13	飞机	17841.34
1	线路	昆明	10	飞机	16794.48
1	线路	新疆	11	飞机、租车	38954.48
1	线路	新疆	11	高铁、飞机	10645.28
1	线路	陕西、宁夏	12	飞机	14259.66
1	线路	四川	14	飞机	6023.52
1	线路	青海	5	飞机	17040.84
1	线路	湖北	14	飞机	18573.18
1	线路	福建	14	飞机	18129.44
2	线路	广东	13	动车	12554.38
2	线路	浙江	14	动车	18653.76
2	线路	江苏	15	动车	9653.72
2	线路	上海-江苏	5	高铁	15473.46
合计费用					353240.68

说明：其中线路 27，线路 19，线路 2 合起来 30 天，可以在一年时间内走完；线路 8，线路 9，线路 12 3 条线路合起来 30 天，也可以在一年时间内走完。所以一共 22 条线路（新疆要走两次，分别为 线路 15-1 和线路 15-2），总计 10 年时间。

计算此时的费用，包括从西安出发到各条线路起点的路费、景点间路费、住宿费、自驾（租车）车费、过路费。其中来回交通费用为 50515.6 元，中转接驳费用为 6079 元，省际总花费（来回交通费加中转接驳费）为 169783.8 元，省内总花费为 183456.88，总合计费用省内费用加省际费用，为 353240.68 元。

4.3 问题 3 的分析

4.3.1 从北京出发的最优路径分析

在问题 1 和问题 2 中，分别算出了十年游遍所有 201 个 5A 景区、费用最优、旅游体验最好的旅游线路，并给出每一次旅游的具体线路。

（1）出行方式的选择

我们综合比较了经济因素和费用因素，我们算出了对应每一个地点最合理的出行方式，见下表。

表 5 不同目的地的出行方式选择

北京出发		选择出行方式		
目的省	目的地	单人	双人	三人
北京	恭王府景区	自驾出行	自驾出行	自驾出行
天津市	古文化街	自驾出行	自驾出行	自驾出行
河北省石家庄市	山海关	自驾出行	自驾出行	自驾出行
山西省太原市	云冈石窟	自驾出行	自驾出行	自驾出行
内蒙古呼和浩特市	呼和浩特	飞机/高铁出行	自驾出行	自驾出行
辽宁省沈阳市	沈阳植物园	飞机/高铁出行	自驾出行	自驾出行
吉林省长春市	净月潭	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行	自驾出行
黑龙江省哈尔滨市	北极村	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行	自驾出行
上海市	东方明珠	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行
江苏省南京市	苏州园林	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行	自驾出行
浙江省杭州市	西湖	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行	自驾出行
安徽省合肥市	天柱山	飞机/高铁出行	自驾出行	自驾出行
福建省福州市	福州	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行
江西省南昌市	南昌	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行
山东省济南市	泰山	自驾出行	自驾出行	自驾出行
河南省郑州市	郑州	飞机/高铁出行	自驾出行	自驾出行
湖南省长沙市	天门山	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行
湖北省武汉市	武汉	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行	自驾出行
广东省广州市	长隆	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行
广西南宁市	乐满地	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行
海南省海口市	大小洞天	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行

				行
重庆市	大足石刻	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行
四川省成都市	成都	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行
贵州省贵阳市	贵阳	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行
云南省昆明市	昆明	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行
西藏拉萨市	布达拉宫	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行
陕西省西安市	兵马俑	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行	自驾出行
甘肃省兰州市	嘉峪关	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行
青海省西宁市	西宁	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行
宁夏银川市	沙坡头	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行	自驾出行
新疆乌鲁木齐市	天池	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行	飞机/高铁出行

我们选择的有较为合理的计算步骤，详细表格见附件。

和问题 2 类似，对应不同城市，有不同的从北京出发的里程数，在详细计算到直达改景区的接驳里程，这两者构成了衔接北京与各条线路之间的路程。仍然按照高速公路 90KM/H 的速度，一天最多可以开 8 小时的限制条件来计算时间，得到了单程的时间，换算成天数（取整）。如果有过夜的情况还需要考虑住宿费用，这样计算出自驾的在途费用；

计算飞机/高铁费用时，我们先查出飞机/高铁对应的全价票，考虑到下飞机后仍然可能需要接驳转乘至景区，我们考虑租车费用，至于飞机的飞行时间，我们查阅相关资料，找到每条航线上的飞机飞行时间，加上前后 2 小时的值机之间，算出乘坐飞机/高铁的费用和时间；

最后一步，我们目标函数是要求体验最佳，则在不考虑强制的时间要求下，尽量选择时间最小、费用最小的出行方式，于是我们考虑构造判定系数 $\varepsilon = \text{Time} \times \text{Expense} / 10000$ ，当自驾的判定系数小于或等于（当二者相等时，表示自驾和飞机/高铁在单程的时间和费用上对消费者无差异，但是考虑到自驾出发后面可以不用租车，总费用较小，所以判定系数相等时选择自驾出行）

飞机/高铁的判定系数时，选择自驾出行，当自驾的判定系数大于飞机/高铁时，应当选择飞机/高铁的出行方式。

（2）路线的确定

确定好了出行方式之后就可以接着确定路线了，我们将各目的省的游玩天数，往返天数和列在一张表格里。

跟前面两问类似，通过优先筛选出游玩加来回大于 10 天的景区，确定前 8 条线路；接着将单词旅程超过 15 天的几个省拆开，得到了另外 5 条线路；然后将两个临近景区拼在一起小于 15 天的跳出来，得到了 6 条线路，最后将单独剩下的几个景区列出，采用“串珍珠”的方式尽量串在一起，实在不能分类的单独成行，得到了最后的 4 条线路。

在这张表里，我们以一个标准家庭（3 人）为例，计算旅程各种费用。

表 6 从北京出发达到各线路目的地的耗时、费用和出行方式表

北京出发					
目的省	目的地	单程 耗时	总费 用	出行方式	游玩天 数
北京	恭王府景区	-	-	自驾出行	5
天津市	古文化街	0.5	140	自驾出行	3
河北省石家庄市	山海关	1	300	自驾出行	6
山西省太原市	云冈石窟	2	910	自驾出行	7
内蒙古呼和浩特市	呼和浩特	1	490	自驾出行	3
辽宁省沈阳市	沈阳植物园	1	700	自驾出行	6
吉林省长春市	净月潭	2	1120	自驾出行	4
黑龙江省哈尔滨市	北极村	3	1940	自驾出行	11
上海市	东方明珠	0.5	4320	飞机/高铁出行	3
江苏省南京市	苏州园林	2	1160	自驾出行	15
浙江省杭州市	西湖	2	1400	自驾出行	12
安徽省合肥市	天柱山	2	1220	自驾出行	11
福建省福州市	福州	0.5	5940	飞机/高铁出行	11
江西省南昌市	南昌	0.5	4890	飞机/高铁出行	9

				行	
山东省济南市	泰山	1	570	自驾出行	8
河南省郑州市	郑州	1	700	自驾出行	11
湖南省长沙市	天门山	0.5	5256.	飞机/高铁出	7
			3	行	
湖北省武汉市	武汉	2	1300	自驾出行	12
广东省广州市	长隆	0.5	6630	飞机/高铁出	10
				行	
广西南宁市	乐满地	0.5	7684.	飞机/高铁出	5
			6	行	
海南省海口市	大小洞天	1	8267.	飞机/高铁出	5
			8	行	
重庆市	大足石刻	0.5	5844.	飞机/高铁出	8
			8	行	
四川省成都市	成都	0.5	2000	飞机/高铁出	12
				行	
贵州省贵阳市	贵阳	0.5	2330	飞机/高铁出	5
				行	
云南省昆明市	昆明	0.5	2970	飞机/高铁出	8
				行	
西藏拉萨市	布达拉宫	1	4150	飞机/高铁出	3
				行	
陕西省西安市	兵马俑	2	1180	自驾出行	6
甘肃省兰州市	嘉峪关	0.5	1700	飞机/高铁出	8
				行	
青海省西宁市	西宁	0.5	1900	飞机/高铁出	3
				行	
宁夏银川市	沙坡头	2	1410	自驾出行	4
新疆乌鲁木齐市	天池	1	5470	飞机/高铁出	18
				行	

注：之前的计算中飞机采用的是小时，为简化和统一，对于飞机/高铁出行方式，不足 5 小时记为 0.5 天，超过 5 小时记为 1 天。

跟之前的求解思路类似，可以先找出大于 10 天的路线：

表 7 从北京出发的为期 10 年的旅游规划线路表

线路	途径省份	出行	出行方式	费用
----	------	----	------	----

1	线路 1	安徽省	15	自驾	14594.16
2	线路 2	江西	10.5	自驾	13409.04
3	线路 3	河南	13	自驾	13533.72
4	线路 4	广东	11	飞机	20349.44
5	线路 5	四川	13	飞机	19659.66
6	线路 6-1	新疆	10	飞机、租车	34136.48
7	线路 6-2	新疆	12	飞机、租车	15086
8	线路 7	福建	12	飞机	19353.18
9	线路 8	北京-天津-石家庄	15	自驾	15384.06
1	线路 9	山西-陕西	15	自驾	18594.44
1	线路 10	内蒙古-甘肃	14	飞机	28688.48
1	线路 11	宁夏-青海-西藏	14	飞机	43339.84
1	线路 12	云南-广西	15	飞机	25753.48
1	线路 13	重庆-贵州	14	飞机	26337.24
1	线路 14	辽宁-吉林-黑龙江	14	自驾	25899.76
1	线路 15	黑龙江	15	自驾	8746
1	线路 16	湖北	15	自驾	16220.84
1	线路 17	湖南-湖北	10	飞机	25218.98
1	线路 18	海南	7	飞机	12120
2	线路 19	浙江	15	自驾	16722.38
2	线路 20	江苏	15	自驾	18910.08
2	线路 21	上海-浙江-江苏	6	动车	5068.68
2	线路 22	山东	10	自驾	9892
合计费用					447017.94

计算此时的费用，包括从西安出发到各条线路起点的路费、景点间路费、住宿费、自驾（租车）车费、过路费。总合计费用为 447017.94 元。其中来回交通费用为 116461.5 元，中转接驳费用为 19068.5 元，省际总花费（来回交通费加中转接驳费）为 257136 元，省内总花费为 189881.94，总花费为省内总花费加上省际总花费。

仍然规划出 23 条线路，其中线路 19，线路 22，线路 2 可以在一年内完成，线路 6，线路 18，线路 23 可以在一年内完成。至此，从北京出发，10 年内完成全国 201 个 5A 级景点的规划完成⁴。

4.3.2 建议

假日里大家出行去景点游玩，最主要考虑的大多数路途远近和费用多少的问题，因此我们计算出性价比最高的线路，一般来说，在没有特殊偏好的情况下，大多数人都会奔着这些“物美价廉”的景点去，这样的话就会导致人群拥挤，因此我们要给出合理的方法，判断出这些最“值得去”的景点，给予旅游爱好者和政府旅游部门提醒。

针对这个问题的分析中，我们要选定一个初始城市，就以陕西省西安市出发为例。

表 8 以陕西省为中心全国各省旅游性价比排名

旅游目的地 省份	游玩天数	省内费用 总计/RMB	里程数	游玩景点个数	平均每个 景点费用	判定系数 ⁵	排名 1	排名 2
陕西	6	4094.86	40	6	682.48	0.27	1	4
青海	3	1763.52	890	4	440.88	3.92	2	1
河南	11	8279.72	480	10	827.97	3.97	3	11
北京	5	3285.7	1080	7	469.39	5.07	4	2
山西	7	5823.58	600	6	970.60	5.82	5	19
山东	8	6270	910	9	696.67	6.34	6	6
湖南	8	6342.98	740	7	906.14	6.71	7	16
四川	12	9819.66	750	10	981.97	7.36	8	20
重庆	8	6324.66	700	6	1054.11	7.38	9	22
天津	3	1492.68	1100	2	746.34	8.21	10	8
江苏	15	12442.08	1280	19	654.85	8.38	11	3
湖北	12	9720.84	960	11	883.71	8.48	12	14
宁夏	4	2545.42	740	2	1272.71	9.42	13	27
贵州	5	3662.58	1070	4	915.65	9.80	14	17
上海	3	2122.68	1390	3	707.56	9.84	15	7

⁴ 附录 1 中给出了分省的旅游线路，因为分省旅游的省内旅游顺序是既定的，所以只需要按照表 7 中的 23 条线路即可写出 23 条具体线路（遇到拆分的情况也只需按照顺序拆分，我们在算法中都预留了足够的时间容许误差）。由于详细线路及其冗长，笔者在此不再详细列出。

⁵ 判定系数=平均每个景点费用*里程数/10000

安徽	11	7706.16	1054	8	963.27	10.15	16	18
内蒙古	3	2239	970	2	1119.50	10.86	17	24
浙江	12	10028.38	1330	12	835.70	11.11	18	12
江西	9	7263.04	1090	7	1037.58	11.31	19	21
广西	5	3499	1440	4	874.75	12.60	20	13
广东	10	8889.44	1650	11	808.13	13.33	21	9
河北	6	5281.68	1372	5	1056.34	14.49	22	23
海南	5	3461.34	2300	5	692.27	15.92	23	5
吉林	4	3276.56	2040	4	819.14	16.71	24	10
福建	11	9393.18	1650	8	1174.15	19.37	25	25
云南	8	7554.48	1590	6	1259.08	20.02	26	26
辽宁	6	5452.44	1750	4	1363.11	23.85	27	28
西藏	3	1800.9	2840	2	900.45	25.57	28	15
甘肃	8	7702.48	1360	4	1925.62	26.19	29	30
黑龙江	11	8239.76	2467	5	1647.95	40.65	30	29
新疆	18	17564.48	2540	9	1951.61	49.57	31	31

1. 具体解释：

(1) 上表排名 1 参考了相对于西安市出发的里程、旅游目的省份的单个旅游景点消费，从表格中显而易见，对于陕西省的民众来说，去陕西省游玩时最划算的，因为距离相对最近，但是相对来说陕西省的单个景点旅游费用并不是最低的。从表格中看出，其余排名靠前的省份依次为青海、河南、北京，排在最后 3 位的是甘肃、黑龙江和新疆，这些省份由于地方偏远、单个景点旅游费用太贵而排在 31 个省份的最后 3 名。

(2) 因为考虑到全国各地旅游者出发地点不同，所以我们仅仅参考每个省份单个旅游景点的费用，得出了性价比排名 2。由表格中可以看出，排在第一位的是青海省，第二位是北京市，第三位天津市，排在最后 3 位的依然是黑龙江、甘肃和新疆。

2. 政策建议：

对于旅游者：

(1) 顺着这个思路，我们可以给出以从不同省份出发地排名，这样依次来提醒旅游者哪些景区性价比最高，值得游览，制定合理的旅游路线；

(2) 同时也要注意，由于自然人的理性选择，人们更倾向于选择性价比排名较高的省份，则这些省份的旅游线路必然比较火爆，尤其在国庆节黄金周等时段，如何错峰旅游，获得最好的旅游体验，值得大家注意。

对于政府部门：

(1)但是从政府旅游部门的角度来说,对于那些排名较高的省份的旅游主管部门,主要工作是做好人员的季节分流,缓解旅游压力;

(2)对于那些排名较为靠后的省份的旅游主管部门,主要工作是吸引大家前来旅游,更好的规划或者开发更多的旅游景点,完善各景点与大城市的交通方式,使得旅游成本更小。

4.4 问题 4 的模型与求解

4A 景区和 5A 景区在评选标准上稍有差异,但差异对于旅游爱好者是否引起较大的影响,这里我们尝试构建基于旅游目的地抉择的层次结构模型,为了简化模型,以云南省为例,我们选择 6 个风景区构建三层次结构模型,景区如下:昆明官渡古镇、丽江玉龙雪山景区、大理古城、中科院西双版纳热带植物园、迪庆藏族自治州香格里拉普达措国家公园。其中有昆明官渡古镇、大理古城为 4A 级风景,其余为 5A 景区。

(1) 层次分析法模型架构

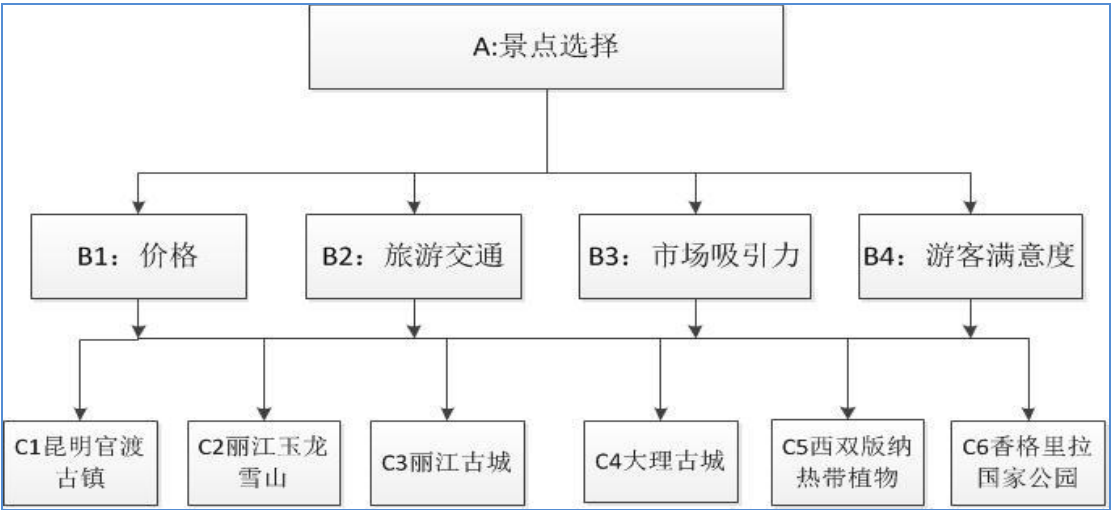


图 4 指标体系的层次结构

(2) 指标说明

星级景区选取具有较多的硬性指标,但具体到大众,不同的个人具有不同的偏好,本文从力求建立相对权重角度的影响指标,考虑指标衡量的全面性、易获取性等因素选取考虑一下四个维度:价格、旅游交通、市场吸引力、游客满意度。

价格: 以市场公开门票价格为准; 旅游交通: 交通便利性; 市场吸引力:

百度搜索次数；游客满意度：网站游客评价。交通便利考虑就近飞机场、高铁或火车站最近时间；百度搜索指数以最近半年搜索指数的平均值为参考；游客满意度以旅游专业网站驴妈妈网站评价率。大理古城门票免费，30 元为对外地游客加收古城维护费。

(3) 数据采集如下：

表 9 四个维度下的采集数据

景区 \ 维度	价格	交通便利	百度搜索指数	游客评价好评率
昆明官渡古镇	48	21min	450	92%
丽江玉龙雪山	105	96min	279	93%
丽江古城	79	16min	2397	91%
大理古城	30	35min	1308	90%
西双版纳热带植物	94	52min	186	93.90%
香格里拉国家公园	227	53min	230	97%

(4) 判断矩阵及权重的求解

我们根据 Satty 判断矩阵标度表构建下述表 1-4:1-8 判断矩阵

表 10 判断矩阵标度表

含义	同等重要	稍微重要	明显重要	强烈重要	极端重要	重要程度介于上述之间
标度	1	3	5	7	9	2, 4, 6, 8

表 11 各准则层 Bi 对目标层 A 指标判断矩阵

A	B1	B2	B3	B4	Wj0
B1	1	0.90	0.8	1.21	0.2414
B2	1	1.00	0.8	1.26	0.2593
B3	1	1.16	1.0	1.43	0.2958
B4	0	0.78	0.6	1.00	0.2035

由 Matlab 软件求得： $\lambda_{\max}=4.0007$ ，特征向量（0.4785，0.5141，0.5865，0.4034）'。CI=0.00023，查表 RI=0.9，所以 CR =0.00026<0.1，符合一致性检验。将上述特征向量归一化即得相对权重 Wj1。

表 12 各方案层 Ci 对准则层 B1 指标判断矩阵

B1	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Wj1
C1	1.0	2.	1.6	0.6	1.958	4	0.2
C2	0.4	1.	0.7	0.2	0.895	2	0.1
C3	0.6	1.	1.0	0.3	1.190	2	0.1
C4	1.6	3.	2.6	1.0	3.133	7	0.3
C5	0.5	1.	0.8	0.3	1.000	2	0.1
C6	0.2	0.	0.3	0.1	0.414	1	0.0

由 Matlab 求得 $\lambda_{\max}=5.9991$ ，特征向量（0.4744,0.2169,0.2883,0.7590,0.2422,0.1003）'。CR =<0.1，符合一致性检验。将上述特征向量归一化即得相对权重 Wj1。

表 13 各方案层 Ci 对准则层 B2 指标判断矩阵

B2	C1	C2	C3	C4	C5	C6	W
C1	1.0	4.5	0.7	1.6	2.4	2.5	0.2
C2	0.2	1.0	0.1	0.3	0.5	0.5	0.0
C3	1.3	6.0	1.0	2.1	3.2	3.3	0.3
C4	0.6	2.7	0.4	1.0	1.4	1.0	0.1
C5	0.4	1.8	0.3	0.6	1.0	0.9	0.1
C6	0.3	1.8	0.3	0.9	1.0	1.0	0.1

由 Matlab 软件求得： $\lambda_{\max}=6.0178$ ，特征向量（0.5396,0.1181,0.7083,0.3047,0.2165,0.2314）'。CR =0.0026<0.1，符合一致性检验。将上述特征向量归一化即得相对权重 Wj1。

表 14 各方案层 Ci 对准则层 B3 指标判断矩阵

B3	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Wj3
C1	1.000	0.620	5.327	2.907	0.413	0.511	0.0928
C2	1.613	1.000	8.591	4.688	0.667	0.824	0.0575
C3	0.188	0.116	1.000	0.546	0.078	0.096	0.4942
C4	0.344	0.213	1.833	1.000	0.142	0.176	0.2697
C5	2.419	1.500	12.887	7.032	1.000	1.237	0.0384
C6	1.957	1.213	10.422	5.687	0.809	1.000	0.0474

由 Matlab 软件求得： $\lambda_{\max}=6.0004$ ，特征向量
 $(0.1609, 0.0997, 0.8569, 0.4676, 0.0665, 0.0822)'$ 。CR=0.067<0.1，符合一致性检验。将上述特征向量归一化即得相对权重 Wj3。

表 15 各方案层 Ci 对准则层 B4 指标判断矩阵

B4	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Wj4
C1	1.0	0.6	5.3	2.9	0.4	0.5	0.1
C2	1.6	1.0	8.5	4.6	0.6	0.8	0.1
C3	0.1	0.1	1.0	0.5	0.0	0.0	0.1
C4	0.3	0.2	1.8	1.0	0.1	0.1	0.0
C5	2.4	1.5	12.	7.0	1.0	1.2	0.2
C6	1.9	1.2	10.	5.6	0.8	1.0	0.2

由 Matlab 软件求得： $\lambda_{\max}=5.9998$ ，特征向量
 $(0.3301, 0.4291, 0.2639, 0.1980, 0.4950, 0.5941)'$ 。CR=0.0322<0.1，符合一致性检验。将上述特征向量归一化即得相对权重 Wj4。

(6) 最终指标权重明细

综上分析四个维度及各方案层对目标层组合权重如表 1-9 所示：

表 16 方案层相对于目标层组合权重明细

目标层	准则层	准则层 权重	方案层权重	组合排序 权系数	不同景点	相对目标 权重
-----	-----	-----------	-------	-------------	------	------------

A:旅游景点选择	B1: 价格	24.1 4%	22.80%	5.50 %	大理古城(4A):	19.63 %
			10.42%	2.52 %		
			13.85%	3.34 %		
			36.47%	8.80 %		
			11.64%	2.81 %	昆明官渡古镇(4A):	19.49 %
			4.82%	1.16 %		
	B2: 旅游交通	25.9 3%	25.47%	6.60 %		
			5.57%	1.44 %		
			33.43%	8.67 %	西双版纳热带植物园(5A):	17.27 %
			14.38%	3.73 %		
			10.22%	2.65 %		
			10.92%	2.83 %		
	B3: 市场吸引力	29.5 8%	13.30%	3.93 %	丽江古城(5A):	17.06 %
			21.45%	6.34 %		
			2.50%	0.74 %		
			4.57%	1.35 %		
			32.17%	9.52 %	香格里拉国家公园(5A):	13.60 %
			26.02%	7.70 %		
	B4: 游客满意度	20.3 5%	16.93%	3.45 %		

			13.02%	2.65%		
			21.16%	4.31%	丽江 玉龙雪山 (5A):	12.95%
			28.21%	5.74%		
			11.29%	2.30%		
			9.40%	1.91%		

层次分析法模型显示大理古城、昆明官渡古镇两个 4A 景区相对最终目标决策的综合权重最大，这出乎我们的意料，但其实 4A 景区在性价比方面更占优势，如大理古城景区门票不收费（仅收 30 元维修费），市场吸引力方面百度搜索指数最近三年平均数 1308 也显然领先绝大多数 5A 景区，可见 4A 景区同样拥有较强的市场吸引力。

对于旅游爱好者，我们建议在时间或者成本约束的情况下可优先考虑 4A 景区，即在一定程度上避开了 5A 景区的高峰游览，又在性价比超过了大多数 5A 景区，同时旅游体验不减。

五、结论

针对问题 1，在建立经典的 TSP 问题规划模型后利用模拟退火算法求得了每个省份内景点的最短在途耗时旅行路线之后，根据条件（1）~（9）进行调整得到了在每个以省份为单位的景区的最短逗留天数。进而构建了基于这 31 个景区的带有时间约束的 TSP 问题规划模型，通过对一定数量可行解的严格筛选分析，我们得到了 28 条共计可以用最短时间 12.5 年遍历 201 个国家 5A 级景区的旅游路线。

针对问题 2，通过建立多目标的 TSP 问题规划模型，并在问题 1 的基础上对可行解进行了分析。在对飞机和高铁/动车的出行选择根据费用进行了选择后，我们通过设计合理的可行解筛选步骤，最后得到十年内可以遍历 201 个国家 5A 级景区的 23 条旅游路线。最少总费用为 353,240.68 元。

问题 3 是问题 2 的延伸，将起始地点从西安变成了北京。与问题 2 的分析

方法基本类似，我们得到了从北京出发可以十年内遍历完 201 个国家 5A 级景点的 23 条旅游线路。最少总费用为 447,017.94 元。另外，在问题 3 的解答中，我们还根据省内费用总计、里程数、游玩景点个数和平均每个景点费用 4 个指标给出了全部 31 个以省为单位的景区的性价比排名。依据此排名，我们分别对旅游爱好者和政府部门提出了相关建议。

针对问题 4，我们建立了对星级景点的价格、旅游交通、市场吸引力、游客满意度四个维度的评价体系框架。以云南省的 5A 级景点和部分 4A 级景点为例，通过层次分析法计算了每个维度的权重以及每个景点间的相对权重，最终我们发现其实部分 4A 景点在性价比方面会更占优势。因此，在进行 10 年旅游规划时，我们认为完全可以用部分更具优势的 4A 级景点来替代 5A 景点。这样，对旅游爱好者而言，由于 4A 景点在每个省内有非常多的分布，经观察，只要在每个我们优化的省内最短旅游路径上，在不改变原有线路的情况下将部分 5A 级景点替换成 4A 级景点，便可以同时保证十年内遍历完而且体验更佳。

六. 模型的优缺点评价

本文的建模思路是：定目标—抽约束—求解。目标的确立是比较容易的，但是要想将题概中的所有约束放进模型里是比较困难的，而且带有各种约束条件的多目标 TSP 规划问题很难求解。因此，本文中采取了分步建模，逐级优化的策略，将复杂的模型简化到可以求解的程度，并且在对可行解的分析过程中，发现了可行解的一些特点，根据这些特点我们设计了尽量合理的可行解筛选步骤，从而得到的解虽然不是最优解，但应该是一个相对近似的最优解。

但也正是由于我们做了一些简化模型的假设，同时是通过可行解的特点进行的求解分析，因此并不是一个一般化的模型，其求解的方法也不具备一般性。但就本题而言，我们应该还是给出了一个满意的结论。

参考文献

- [1] 唐婧. 基于湖湘文化的湖南旅游线路精品化设计研究[D]. 中南大学, 2007.
- [2] 张婧. 基于 H 图理论的旅游区线路优化研究[D]. 长沙理工大学, 2010.
- [3] 张晓瑞. 基于模糊数学和 Dijkstra 算法的神农架地质科普旅游线路设计[D]. 湖北大学, 2013.
- [4] 谢秉磊, 李军, 刘建新. 有时间约束旅行商问题的启发式遗传算法[J]. 西南交通大学学报, 2001, 36:211-213.
- [5] 朱玲湘, 廖芹, 邹亮. 运用遗传算法求解有约束条件的旅行商问题[J]. 华南理工大学学报: 自然科学版, 2004, 32:97-100.
- [6] 张健欣, 童朝南. 通过多种群协进化 Memetic 算法求解 TSP[J]. 信息与控制, 2009, 38(3):376-380.
- [7] 吴斌, 史忠植. 一种基于蚁群算法的 TSP 问题分段求解算法[J]. 计算机学报, 2001, 24(12):1328-1333.
- [8] 付晶, 郑中霖, 高峻. GIS 技术在旅游线路设计中的应用[J]. 上海师范大学学报: 自然科学版, 2006, 35:92-97.

附录 1 模拟退火算法 *Matlab* 程序

```
a=0.99;
t0=97;tf=3;t=10;
markov_length=10000;
amount=5;
dist_matrix=E
sol_new=1:amount;
E_current=inf;
E_best=inf;
sol_current=sol_new;
sol_best=sol_new;
p=1;
while t>tf;
for r=1:markov_length;
if(rand<0.5);
ind1=0;ind2=0;
while (ind1==ind2);
ind1=ceil(rand.*amount);
ind2=ceil(rand.*amount);
end;
tmp1=sol_new(ind1);
sol_new(ind1)=sol_new(ind2);
sol_new(ind2)=tmp1;
else;
ind1=0;ind2=0;ind3=0;
while(ind1==ind2)|| (ind1==ind3)...
|| (ind2==ind3)|| (abs(ind1-ind2)==1);
ind1=ceil(rand.amount);
ind2=ceil(rand.amount);
ind3=ceil(rand.amount);
end;
tmp1=ind1;tmp2=ind2;tmp3=ind3;
if(ind1<ind2)&&(ind2<ind3);
elseif(ind1<ind3)&&(ind3<ind2);
ind2=tmp3;ind3=tmp2;
elseif(ind2<ind1)&&(ind1<ind3);
```

```

ind1=tmp2;ind2=tmp3;ind3=tmp1;
elseif(ind2<ind3)&&(ind3<ind1);
ind1=tmp2;ind2=tmp3;ind3=tmp1;
elseif(ind3<ind2)&&(ind2<ind1);
ind1=tmp3;ind2=tmp2;ind3=tmp1;
end;
tmplist1=sol_new((ind1+1):(ind2-1));
sol_new((ind1+1):(ind1+ind3-ind2+1))=...
sol_new((ind2):(ind3));
sol_new((ind1+ind3-ind2+2):ind3)=...
tmplist1;
end;
E_new=0;
for i=1:(amount-1);
E_new=E_new+...
dist_matrix(sol_new(i),sol_new(i+1));
end;
E_new=E_new+...
dist_matrix(sol_new(amount),sol_new(1));
if E_new<E_current;
E_current=E_new;
sol_current=sol_new;
if E_new<E_best;
E_best=E_new;
sol_best=sol_new;
end;
else;
if rand <exp(-(E_new-E_current)./t);
E_current=E_new;
sol_current=sol_new;
else;
sol_new=sol_current;
end;
end;
end;
t=t.*a;
end;
disp('solve:');
disp(sol_best);

```

```
disp('short:');  
disp(E_best);
```

附录 2 省内旅游线路

总耗时	租车住宿费用	在途费用	总里程	总费用
5 天	3150	135.7	180.5	3285.7
北京	Day1	行动/耗时		
	恭王府景区	4 小时		
	在途	0.21 小时	5.1	8.5
	天坛公园	4 小时		
	在途	0.37 小时	14.34	23.9
	颐和园	留宿		
	Day2			
	颐和园	4 小时		
	在途	0.97 小时	50.72	63.4
	长城	4 小时		
	在途	0.57 小时	29.76	37.2
	明十三陵	留宿		
	Day3			
	明十三陵	4 小时		
	在途	0.56	29.12	36.4
	奥林匹克公园	4 小时		
	在途	0.28 小时	6.66	11.1
	故宫博物馆	留宿		
	Day4			
	故宫博物馆	4 小时		
	北京（非景点游览）	20 小时		
	Day5			
	北京（非景点游览）	4 小时		

总耗时	租车住宿费用	在途费用	总里程	总费用
3 天	1350	142.68	237.8	1492.68
天津	Day1	行动/耗时		
	古文化街	4 小时		
	在途	2.97 小时	71.34	118.9
	盘山	留宿		
	Day2			

	盘山	8 小时		
	在途	2.97 小时	71.34	118.9
	天津（非景点旅游）	13 小时		
	Day3			
	非景点旅游	11 小时		

总耗时	租 车 住 宿 费 用	在途费用	总里程	总费用
6 天	3600	1681.68	1714.3	5281.68
河北	Day1	行动/耗时		
	山海关	8 小时		
	在途	2.57 小时	231.3	231.3
	承 德 避 暑 山 庄	留宿		
	Day2			
	承 德 避 暑 山 庄	4 小时		
	在途	4.19 小时	377.5	377.5
	白羊淀	留宿		
	Day3			
	白羊淀	8 小时		
	在途	2.51 小时	130.48	163.1
	野三坡	留宿		
	Day4			
	野三坡	4 小时		
	在途	3.32 小时	299	299
	西柏坡	留宿		
	Day5			
	西柏坡	4 小时		
	非景点游玩	20 小时		
	Day6			
	非景点游玩	4 小时		
	在途	6 小时	643.4	643.4
	山海关			

总耗时	租车住宿费用	在途费用	总里程	总费用
7 天	4050	1773.58	1894.5	5823.58
山西	Day1	行动/耗时		

	云冈石窟	8 小时		
	在途	3 小时	296.8	296.8
	太原（非景点旅游）	13 小时		
	Day2			
	太原（非景点旅游）	11 小时		
	在途	1 小时		
	中转休息			
	Day3			
	在途	1.88 小时	118.38	197.3
	五台山	8 小时		
	在途	1.12 小时	541.1	541.1
	中转休息			
	Day4			
	在途	4.88 小时		
	皇城相府	4 小时+留宿		
	Day5			
	皇城相府	出发		
	在途	3.82	343.9	343.9
	绵山	4 小时		
	在途	1.18 小时	52.5	87.5
	中转休息			
	Day6			
	在途	1 小时		
	乔家大院	4 小时		
	在途	0.54 小时	28	35
	平遥古城	4 小时+留宿		
	Day7			
	平遥古城	4 小时	392.9	392.9
	在途	4.37		
	云冈石窟			

总耗时	租车住宿费用	在途费用	总里程	总费用
3 天	1650	589	589	2239
内蒙古	Day1	行动/耗时		
	呼和浩特（非景点旅游）	24 小时		
	Day2			
	呼和浩特	出发		
	在途	2.05	184.2	184.2

	达拉特旗响沙湾	8 小时+留宿		
	Day3			
	达拉特旗响沙湾	出发		
	在途	1.25	112.4	112.4
	成吉思汗陵	4 小时		
	在途	3.25	292.4	292.4
	呼和浩特			

总耗时	租车住宿费用	在途费用	总里程	总费用
6 天	3900	1552.44	1629.7	5452.44
辽宁	Day1	行动/耗时		
	沈阳植物园	4 小时		
	在途	4.58 小时	412	412
	老虎滩	留宿		
	Day2			
	老虎滩	4 小时		
	在途	4.76 小时	428	428
	本溪水洞	留宿		
	Day3			
	本溪水洞	8 小时		
	在途	3 小时	309.04	386.3
	中转休息			
	Day4			
	在途	2.94		
	金石滩	4 小时+留宿		
	Day5			
	金石滩	出发		
	在途	4.48 小时	403.4	403.4
	沈阳（非景点游览）	19 小时		
	Day6			
	沈阳（非景点游览）	5 小时		

总耗时	租车住宿费用	在途费用	总里程	总费用
4 天	2400	876.56	885.2	3276.56
吉林	Day1	行动/耗时		
	净月潭	4 小时		

	在途	4.75 小时	427.2	427.2
	长白山	留宿		
	Day2			
	长白山	8 小时		
	在途	3 小时	436.4	436.4
	中转休息			
	Day3			
	在途	1.85 小时		
	伪满皇宫	4 小时		
	在途	0.54 小时	12.96	21.6
	长影世纪城	4 小时		
	非景点游览	14 小时		
	Day4			
	非景点游览	10 小时		

总耗时	租车住宿费用	在途费用	总里程	总费用
11 天	5100	3139.76	3924.7	8239.76
黑龙江	Day1	行动/耗时		
	北极村	8 小时		
	在途	3 小时	663.04	828.8
	中转休息			
	Day2			
	在途	8 小时		
	中转休息			
	Day3			
	在途	1.75 小时		
	五大连池	4 小时		
	在途	3.25 小时	561.28	701.6
	中转休息			
	Day4			
	在途	7.54 小时		
	镜泊湖	留宿		
	Day5			
	镜泊湖	4 小时		
	在途	5 小时	548.48	685.6

	中转休息			
	Day6			
	在途	5 小时		
	林海奇石	4 小时+留宿		
	Day7			
	林海奇石	出发		
	在途	6.84 小时	355.68	444.6
	哈尔滨（非景点游览）	17.16 小时		
	Day8			
	哈尔滨（非景点游览）	6.84 小时		
	太阳岛	4 小时		
	在途	1 小时	1011.28	1264.1
	中转休息			
	Day9			
	在途	8 小时		
	中转休息			
	Day10			
	在途	8 小时		
	中转休息			
	Day11			
	在途	2.45 小时		

总耗时	租 车 住 宿 费用	在途费用	总里程	总费用
3 天	2100	22.68	37.8	2122.68
上海	Day1	行动/耗时		
	东方明珠	4 小时		
	在途	0.14	3.42	5.7
	科技馆	4 小时+留宿		
	Day2			
	科技馆	出发		
	在途	0.8	19.26	32.1
	野 生 动 物 园	8 小时+留宿		
	Day3			
	非 景 点 游 览	24 小时		

总耗时	租车住宿费用	在途费用	总里程	总费用
12 天	7800	2228.38	2395.5	10028.38
浙江	Day1	行动/耗时		
	西湖	4 小时		
	在途	3.46 小时	311.1	311.1
	雁荡山	留宿		
	Day2			
	雁荡山	8 小时		
	在途	2.44 小时	127.04	158.8
	横店	留宿		
	Day3			
	横店	4 小时		
	在途	2.8 小时	145.52	181.9
	千岛湖	3.2 小时+留宿		
	Day4			
	千岛湖	4.8 小时		
	在途	2.74 小时	246.6	246.6
	乌镇	留宿		
	Day5			
	乌镇	4 小时		
	在途	2.92 小时	151.6	189.5
	溪口	留宿		
	Day6			
	溪口	4 小时		
	在途	2 小时	105.28	131.6
	普陀山	4 小时+留宿		
	Day7			
	普陀山	4 小时		
	在途	2.5 小时	224.7	224.7
	嘉兴南湖	留宿		
	Day8			
	嘉兴南湖	4 小时		
	在途	1.06 小时	95.5	95.5
	西溪湿地	4 小时		
	在途	1.14 小时	59.2	74
	鲁迅故里	留宿		
	Day9			
	鲁迅故里	4 小时		

	在途	3.48 小时	312.8	312.8
	根宫佛国	留宿		
	Day10			
	根宫佛国	4 小时		
	在途	4.1 小时	369.2	369.2
	南浔古镇	留宿		
	Day11			
	南浔古镇	4 小时		
	在途	1.54 小时	79.84	99.8
	杭州（非景点游览）	18.46 小时		
	Day12			
	杭州（非景点游览）	5.54 小时		

总耗时	租车住宿 费用	在途费用	总里程	总费用
8 天	5100	1170	1393.2	6270
	山东	Day1		
	泰山	8 小时		
	在途	2.41 小时	130.2	217
	台儿庄	留宿		
	Day2			
	台儿庄	4 小时		
	在途	2.33 小时	121.04	151.3
	三孔	4 小时+留宿		
	Day3			
	三孔	出发		
	在途	1.61 小时	145	145
	天下第一泉	8 小时		
	非景点游览	14.39 小时		
	Day4			
	非景点游览	9.61 小时		
	在途	2.39 小时	366.2	366.2
	中转休息			
	Day5			
	在途	1.61 小时		
	崂山	4 小时		

	在途	2.92 小时	152.08	190.1
	龙口南	留宿		
	Day6			
	龙口南	4 小时		
	在途	0.49 小时	26.28	43.8
	蓬莱阁	4 小时		
	在途	1.7 小时	153.3	153.3
	刘公岛	留宿		
	Day7			
	刘公岛	4 小时		
	在途	0.13 小时	3.12	5.2
	沂蒙山	4 小时+留宿		
	Day8			
	沂蒙山	4 小时		
	在途	3.03 小时	72.78	121.3
	泰山			

总耗时	租车住宿费用	在途费用	总里程	总费用
7 天	4350	1592.74	1616.2	5942.74
	湖南	Day1		
	衡山	4 小时		
	在途	5 小时	497.7	497.7
	中转休息			
	Day2			
	在途	0.53 小时		
	张家界	8 小时+留宿		
	Day3			
	张家界	8 小时		
	在途	3 小时	335	335
	中转休息			
	Day4			
	在途	0.72 小时		
	岳阳楼	4 小时		
	在途	1.83 小时	164.6	164.6
	岳麓山	4 小时		
	长沙（非景点游览）	13.45 小时		
	Day5			
	长沙（非景点游览）	10.55 小时		

	岳麓山	出发		
	在途	1 小时	52.56	65.7
	韶山	留宿		
	Day6			
	韶山	4 小时		
	在途	0.65 小时	15.48	25.8
	花明楼	4 小时		
	在途	2.35 小时	336.2	336.2
	中转休息			
	Day7			
	在途	1.39 小时		
	东江湖	4 小时		
	在途	2.12 小时	191.2	191.2
	衡山			

总耗时	租车住宿费	在途费用	总里程	总费用
18 天	10950	6614.48	7127.6	17564.48
新疆	Day1	行动/耗时		
	天池	8 小时+留宿		
	Day2			
	天池	出发	283.4	283.4
	在途	3.15		
	吐鲁番葡萄沟	4 小时+留宿		
	Day3			
	吐鲁番葡萄沟	出发		
	在途	7.28 小时	1028.1	1028.1
	阿勒泰喀纳斯	留宿		
	Day4			
	阿勒泰喀纳斯	8 小时+留宿		
	Day5			
	阿勒泰喀纳斯	出发		
	在途	5.99 小时	833.3	833.3

	伊犁那拉提	5 小时+留宿		
	Day6			
	伊犁那拉提	3 小时		
	在途	5.47	284.64	355.8
	博斯腾湖	留宿		
	Day7			
	博斯腾湖	8 小时+住宿		
	Day8			
	在途	8 小时+住宿	883.92	1104.9
	Day9			
	在途	8 小时+住宿		
	Day10			
	在途	1 小时		
	金胡杨	8 小时+住宿		
	Day11			
	在途	8 小时+住宿	883.92	1104.9
	Day12			
	在途	8 小时+住宿		
	Day13			
	在途	4.68 小时+住宿		
	天山大峡谷	6 小时+住宿		
	Day14			
	天山大峡谷	2 小时+出发		
	在途	6.37+住宿	573	573
	Day15			
	可可托海	8 小时+住宿		
	Day16			
	在途	8 小时+住宿	1844.2	1844.2
	Day17			
	在途	8 小时+住宿		
	Day18			
	在途	4.49 小时		
	噶尔老城	4 小时+住宿		

总耗时	租车住宿费用	在途费用	总里程	总费用
-----	--------	------	-----	-----

4 天	2250	295.42	316.7	2545.42
宁夏	Day1	行动/耗时		
	沙坡头	4 小时		
	在途	2.18	196.4	196.4
	灵武水洞沟	留宿		
	Day2			
	灵武水洞沟	4 小时		
	在途	1.33	31.92	53.2
	北堡西部影视城	4 小时+住宿		
	Day3			
	在途	0.71	67.1	67.1
	石嘴山沙湖	8 小时		
	Day4			
	非景点旅游	24 小时		

总耗时	租 车 住 宿 费用	在途费用	总里程	总费用
8 天	5100	2602.48	2690	7702.48
甘肃	Day1	行动/耗时		
	嘉峪关	4 小时		
	在途	5 小时+停车留 宿	1051.9	1051.9
	Day2			
	在途	3.15 小时		
	非 景 点 停 留	24 小时		
	Day4			
	在途	3.65 小时		
	崆峒山	4 小时+留宿		
	Day5			
	崆峒山	4 小时		
	在途	5 小时+停车留 宿	131.28	218.8
	Day6			
	在途	0.47 小时		
	麦积山	4 小时		
	在途	5 小时+停车留 宿	1419.3	1419.3

	Day7			
	在途	8 小时+中转休息		
	Day8	1.77 小时		
	月牙泉	8 小时+留宿		

总耗时	租车住宿费用	在途费用	总里程	总费用
6 天	3450	644.86	764.4	4094.86
陕西	Day1	行动/耗时		
	兵马俑	4 小时		
	在途	0.1 小时	5.4	9
	华清池	4 小时+住宿		
	Day2			
	在途	2.22 小时	175.7	175.7
	黄帝陵	4 小时		
	在途	2.78 小时+中转住宿	190.64	238.3
	Day3			
	在途	0.89 小时		
	法门寺	4 小时		
	在途	3.43 小时+住宿	178.56	223.2
	Day4			
	华山	8 小时+住宿		
	Day5			
	在途	1.86 小时	94.56	118.2
	大雁塔-大唐芙蓉园	4 小时		
	Day6			
	非景点停留	24 小时		

总耗时	租车住宿费用	在途费用	总里程	总费用
3 天	1800	0.9	1.5	1800.9
西藏	Day1	行动/耗时		
	布达拉宫	4 小时		
	在途	0.057	0.9	1.5
	大昭寺	4 小时		

	Day3			
	非景点停留	24 小时		

总耗时	租车住宿费用	在途费用	总里程	总费用
8 天	4800	2754.48	2768.4	7554.48
云南	Day1	行动/耗时		
	非景点停留	24 小时		
	Day2			
	石林	4 小时		
	在途	5 小时+中转住宿	625.3	625.3
	Day3			
	在途	1.95 小时		
	西双版纳	8 小时+住宿		
	Day4			
	在途	8 小时+中转休息	1022.6	1022.6
	Day5			
	在途	3.36 小时		
	丽江古城	4 小时+住宿		
	Day6			
	在途	0.87	20.88	34.8
	玉龙雪山	8 小时+住宿		
	Day7			
	在途	2.54	228.5	228.5
	香格里拉	8 小时+住宿		
	Day8			
	在途	3.44	857.2	857.2
	大理崇圣寺	4 小时		

总耗时	租车住宿费	在途费用	总里程	总费用
5 天	2850	812.58	845.8	3662.58
贵州	Day1	行动/耗时		

	贵阳	24 小时		
	在途	1.8 小时	93.76	117.2
	Day2			
	安顺龙宫	4 小时		
	在途	1.45 小时	39.12	48.9
	黄果树瀑布	4 小时+住宿		
	Day3			
	在途	2.68 小时	241.4	241.4
	毕节百里杜鹃	8 小时+住宿		
	Day4			
	在途	4 小时	438.3	438.3
	荔波樟江	4 小时+住宿		
	Day5			
	荔波樟江	4 小时		

总耗时	租车住宿 费用	在途费用	总里程	总费用
3 天	1500	263.52	329.4	1763.52
青海	Day1	行动/耗时		
	西宁	24 小时		
	Day2			
	在途	0.53 小时	131.76	164.7
	塔尔寺	4 小时		
	在途	2.8 小时+住宿	131.76	164.7
	Day3			
	青海湖	8 小时		

总耗时	租 车 住 宿 费 用	在途费用	总里程	总费用
12 天	7350	2469.66	2541.5	9819.66
四川	Day1	行动/耗时		
	成都	24 小时		
	Day2			
	在途	1.48 小时	133.2	133.2
	青城山-都江堰	8 小时+住宿		

	Day3			
	在途	2.98 小时	268.4	268.4
	峨眉山	8 小时+住宿		
	Day4			
	在途	2.99 小时	359.3	359.3
	羌城	8 小时		
	Day5			
	在途	4.69 小时	299.4	299.4
	乐山大佛	4 小时+住宿		
	Day6			
		3.18 小时		
	黄龙	4 小时+住宿		
	Day7			
	在途	3.18 小时	286.2	286.2
	九寨沟	4 小时+住宿		
	Day8			
	九寨沟	4 小时		
	在途	5 小时+中转住宿	287.36	359.2
	Day9			
	在途	0.33 小时		
	汶川	8 小时+住宿		
	Day10			
	在途	3.96 小时	356.6	356.6
	阆中	4 小时+住宿		
	Day11			
	在途	2.13 小时	152.6	152.6
	邓小平故里	4 小时		
	在途	2.87 小时+中转休息	326.6	326.6
	Day12			
	在途	0.76 小时		
	剑门关	8 小时		

总耗时	租车住宿费用	在途费用	总里程	总费用
8 天	4950	1374.66	1460.4	6324.66
重庆	Day1	行动/耗时		
	大足石刻	4 小时+住宿		

	在途	5 小时	598.7	598.7
	Day2			
	在途	1.65 小时		
	小小三峡	4 小时+住宿		
	在途	3.35 小时	342.96	428.7
	Day3			
	在途	2.95 小时		
	桃花源	8 小时+住宿		
	Day4			
	在途	2.39 小时	214.9	214.9
	武隆	2 天		
	Day6			
	在途	1.56 小时	151.7	151.7
	万盛黑山谷	8 小时		
	Day7			
	在途	0.74	66.4	66.4
	南川金佛山	8 小时		
	Day8			
	非景点停留	24 小时		

总耗时	租车住宿费用	在途费用	总里程	总费用
5 天	2850	611.34	613.2	3461.34
海南	Day1	行动/耗时		
	大小洞天	4 小时		
	在途	0.14 小时	7.44	9.3
	三亚南山	4 小时+住宿		
	Day2			
	在途	0.69 小时	62.1	62.1
	槟榔谷	4 小时		
	在途	2.95 小时	265.2	265.2
	Day3			
	海口	24 小时		
	Day4			
	在途	2.07 小时	186.3	186.3
	Day5			

	分界洲岛	4 小时		
	在途	1 小时	90.3	90.3
	呀诺达雨林	4 小时		

总耗时	租车住宿费用	在途费用	总里程	总费用
5 天	3000	499	508.8	3499
广西	Day1	行动/耗时		
	乐满地	8 小时+住宿		
	在途	1.05 小时	94.2	94.2
	Day2			
	桂林	24 小时		
	Day3			
	漓江	8 小时		
	在途	0.61 小时+住宿	14.7	24.5
	Day4			
	独秀峰	4 小时		
	在途	4 小时+中转住宿	390.1	390.1
	Day5			
	在途	0.33 小时		
	青秀山	4 小时		

总耗时	租车住宿费用	在途费用	总里程	总费用
11 天	6450	1256.16	1408.7	7706.16
安徽	Day1	行动/耗时		
	天柱山	8 小时	303.3	303.3
	在途	2 小时+中转休息		
	Day2			
	在途	1.36 小时		
	西递宏村	8 小时+住宿		
	Day3			
	在途	0.66 小时	23.88	39.8
	黄山	8 小时		
	Day4			

	在途	0.61 小时	31.84	39.8
	徽州古城	4 小时		
	在途	1.39 小时+住宿	33.24	55.4
	Day5			
	龙川	8 小时		
	在途	2 小时+中转住宿	162.56	203.2
	Day6			
	在途	1.13 小时		
	九华山	8 小时+住宿		
		0.87 小时		
	Day7			
	在途	4.2 小时	263.44	329.3
	八里河	4 小时		
	Day8			
	八里河	4 小时		
	在途	2.88 小时+住宿	259.1	259.1
	Day9			
	合肥	24 小时	178.8	178.8
	Day11			
	天堂寨	4 小时		

总耗时	租车住宿费	在途费用	总里程	总费用
10 天	6750	2139.44	2174.4	8889.44
广东	Day1	行动/耗时		
	长隆	8 小时		
	在途	1.83 小时+住宿	95.2	119
	Day2			
	华侨城	4 小时+住宿		
	在途	0.77 小时	156.3	156.3
	Day3			
	白云山	4 小时+住宿		
	非景区停留	24 小时		
	Day4			
	在途	0.86	44.64	55.8
	西樵山	4 小时+住宿		
	Day5			

	在途	1.71 小时	153.5	153.5
	观澜湖	4 小时		
	在途	2.29 小时+中转休息	391.7	391.7
	Day6			
	在途	1.11 小时		
	清远地下河	4 小时		
	在途	2.82 小时	253.7	253.7
	仁化丹霞	4 小时+住宿		
	Day7			
	在途	6.38 小时+住宿	574.3	574.3
	Day8			
	雁南飞茶田 区	4 小时		
	在途	3.8 小时+住宿	341.7	341.7
	Day9			
	罗浮山	8 小时+住宿		
	Day10			
	在途	0.37 小时	128.4	128.4
	长鹿休博园	4 小时		

总耗时	租车住宿 费用	在途费用	总里程	总费用
8 天	5250	1092.98	1103.3	6342.98
湖南	Day1	行动/耗时		
	天门山	两天		
	Day3			
	非经典停 留	24 小时		
	在途	0.18 小时	375.8	375.8
	Day5			
	在途	4 小时		
	韶山	4 小时+住宿		
	Day6			
	在途	0.65 小时	15.48	25.8
	花明楼	4 小时		
	在途	1.83 小时	213.4	213.4
	岳阳楼	4 小时+住宿		
	Day7			

	在途	2.37 小时	164.6	164.6
	岳麓山	4 小时		
	在途	0.63 小时+中转住宿	132.5	132.5
	Day8			
	在途	0.84		
	衡山	4 小时		
	在途	2.12 小时	191.2	191.2
	东江湖	4 小时		

总耗时	租车住宿费用	在途费用	总里程	总费用
15 天	10200	2242.08	2575.5	12442.08
江苏	Day1	行动/耗时		
	苏州园林	4 小时		
	在途	0.65h	33.84	42.3
	Day2			
	周庄	4 小时		
	在途	2.35h	250.3	250.3
	Day3			
	南京（非景点旅游）	24 小时		
	Day4			
	南京中山陵	4 小时		
	在途	0.8	145.52	181.9
	无锡影视基地三国水浒城景区	4 小时		
	在途	1.06h+留宿	25.44	42.4
	Day5			
	无锡灵山大佛景区	4 小时		
	在途	1.91h	172.1	172.1
	泰州姜堰区溱湖国家湿地公园	4h		
	在途	1.09h+留宿	189.4	189.4
	Day6			
	在途	1.01h		
	南京夫子庙	4h		
	在途	1.97h	102.48	128.1
	常州环球恐龙城景区	4h+留宿		
	Day7			

	在途	1.18h	106.2	106.2
	扬州瘦西湖风景区	4h		
	在途	2.42h	125.6	157
	南通市濠河风景区	4h+留宿		
	Day8			
	在途	1.38h	125	125
	苏州吴江同里古镇	4h		
	在途	0.4	20.64	25.8
	苏州市金鸡湖	4h		
	在途	1.22h+留宿	130.08	162.6
	Day9			
	在途	1.28h		
	镇江句容茅山景区	8h		
	在途	1.44h+留宿	130	130
	Day10			
	无锡鼋头渚景区	4h		
	在途	1.36h+留宿	32.58	54.3
	Day11			
	苏州吴中太湖	8h		
	在途	1.53h+住宿	36.66	61.1
	Day12			
	常熟沙家浜	8h		
	在途	3h+住宿	89.82	148.7
	Day13			
	在途	0.74h		
	常州溧阳市天目湖景区 (天目湖-南山竹海-御水温泉)	8h		
	在途	1.19h+住宿	106.8	106.8
	Day14			
	镇江三山风景名胜区（金山—北固山—焦山）	8h		
	在途	3h+住宿	107.82	179.7
	Day15			
	在途	1.49		
	淮安市周恩来故里景区	4h		
	回苏州园林	3.46h	311.8	311.8

总耗时	租车住宿费用	在途费用	总里程	总费用
-----	--------	------	-----	-----

11 天	7050	2343.18	2466.7	9393.18
福建	Day1	行动/耗时		
	福州（非景点旅游）	24 小时		
	Day2			
	福州市三坊七巷景区	4 小时		
	在途	5h+住宿	328.5	328.5
	Day3			
	在途	2.58h		
	南平武夷山	8 小时		
	在途	0.42+住宿		
	Day4			
	在途	1.29h	154.2	154.2
	三明泰宁风景旅游区	8h		
	在途	1.71+住宿		
	Day5			
	在途	3.42	461.9	461.9
	福建土楼旅游景区	4h+住宿		
	Day6			
	福建土楼旅游景区	4h		
	在途	5h+住宿	585.9	585.9
	Day7			
	在途	1.51h		
	宁德屏南旅游	8h		
	在途	1.49+住宿	209.7	209.7
	Day8			
	在途	0.84h		
	宁德市福鼎太姥山旅游区	8h		
	在途	2.16+住宿	370.7	370.7
	Day9			
	在途	1.96		
	泉州市清源山	8h		
	在途	1.04h+住宿	75.2	94
	Day10			
	在途	0.44h		
	鼓浪屿风景名胜	4h		
	在途	4.56h	157.08	261.8
	Day11			

	回福州市	1.99h		
--	------	-------	--	--

总耗时	租车住宿费用	在途费用	总里程	总费用
11 天	7200	1079.72	1537.5	8279.72
河南	Day1	行动/耗时		
	郑州（非景点旅游）	24 小时		
	Day2			
	嵩山少林寺	8h		
	在途	0.84h+住宿	43.92	54.9
	Day3			
	龙门石窟	4h		
	在途	1.69h	91.02	151.7
	焦作云台山	4h+住宿		
	Day4			
	焦作云台山	8h+住宿		
	Day5			
	焦作云台山	4h		
	在途	2.31h	120.16	150.2
	安阳殷墟	4h		
	在途	0.29h+留宿		
	Day6			
	在途	1.87	100.86	168.1
	开封清明上河园景区	4h		
	在途	3.13h	200.32	250.4
	Day7			
	在途	0.72h		
	中原大佛景区	8h		
	在途	1.76h+留宿	91.6	114.5
	Day8			
	栾川鸡冠洞	8h		
	在途	1.15h+留宿	172.88	216.1
	Day9			
	洛阳龙潭谷	8h		
	在途	2.65+住宿	133.5	222.5
	Day10			
	嵩县白云山	4h		
	在途	0.09	2.22	3.7
	南阳西峡伏牛山	4h+住宿		

	Day11			
	南阳西峡伏牛山	4h		
	回郑州市	5h	123.24	205.4

总耗时	租车住宿费用	在途费用	总里程	总费用
12天	7950	1770.84	2066.2	9720.84
湖北	Day1	行动/耗时		
	武汉（非景点旅游）	24小时		
	Day2			
	武汉黄鹤楼公园	4h		
	在途	5h+住宿	280	350
	Day3			
	在途	0.38		
	宜昌三峡大坝旅游区	4h		
	在途	1.29h	66.96	83.7
	宜昌长阳县清江画廊景区	4h		
	在途	1.19+住宿	61.76	77.2
	Day4			
	宜昌秭归县屈原故里文化旅游区	4h		
	在途	0.93	22.32	37.2
	宜昌三峡人家风景区	4h+住宿		
	Day5			
	宜昌三峡人家风景区	4h		
	在途	5h+住宿	101.28	168.8
	Day6			
	在途	1.03h		
	恩施土家族苗族自治州巴东神龙溪纤夫文化旅游区	4h		
	在途	2.97h	299.8	299.8
	恩施土家族苗族自治州恩施大峡谷景区	4h+住宿		
	Day7			
	恩施土家族苗族自治州恩施大峡谷景区	4h		
	在途	5h+住宿	378.9	378.9
	Day8			
	在途	0.83h		
	神农架生态旅游区	8h		

	Day9			
	神农架生态旅游区	8h		
	在途	2.14+ 住宿	192.7	192.7
	Day10			
	十堰丹江口市武当山风景区	8h		
	在途	3h+住宿	321.52	401.9
	Day11			
	在途	3.18h		
	武汉市黄陂木兰文化生态旅游区	4h		
	在途	1.9+ 住宿	45.6	76
	Day12			
	武汉市东湖景区	4h		